

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-309452

(43)Date of publication of application : 02.11.1992

(51)Int.Cl.

B22D 29/00
B22D 21/06
B23K 9/04
B23P 6/04
B30B 5/02
C23C 24/08

(21)Application number : 03-341703

(71)Applicant : GENERAL ELECTRIC CO <GE>

(22)Date of filing : 02.12.1991

(72)Inventor : DZUGAN ROBERT
FERRIGNO STEPHEN J
YOUNG WILLIAM R
FRONING MARC J

(30)Priority

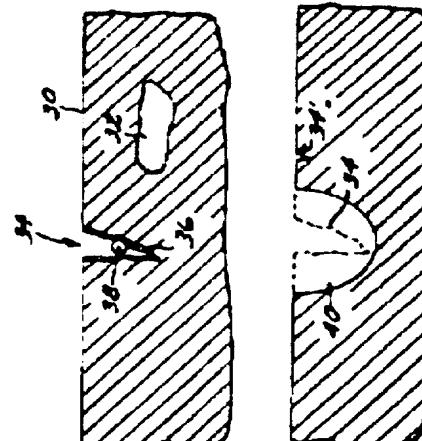
Priority number : 90 629856 Priority date : 18.12.1990 Priority country : US

(54) METHOD FOR PRODUCING CAST ARTICLE FROM HIGH MELTING TEMPERATURE SUPERALLOY COMPOSITION

(57)Abstract:

PURPOSE: To produce jet engines or the like by producing superalloy cast articles by casting from a hardly castable high melting temp. superalloy compsn., thereby eliminating the need for lines or the like for protection against the high temp. of combustion gases and reducing the weight.

CONSTITUTION: A product is cast from the uncastable high melting temp. superalloy. The temporary defect 34 existing in the product and the metallic portion 40 around the same then ground away to form an excised space. A filler metal having the same compsn. as the compsn. of the product is filled by welding or the like into the excised space. If there is a defect in the filler metal, the defect is excised and the oxide on the surface of the filler metal is removed. A mixture composed of a binder and cladding powder is added to the surface of the filler metal and the product is subjected to a heat treatment, by which the binder is removed and the cladding powder is melted and solidified. The product is subjected to high-temp. isostatic compression. The cladding powder is a mixture composed of the particle of the high melting temp. superalloy and a low melting temp. superalloy. As a result, the product reduced in the weight while maintaining the high-temp. performance is obtnd.



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) **公開特許公報 (A)**

(11)特許出願公開番号

特開平4-309452

(43)公開日 平成4年(1992)11月2日

| (51)Int.Cl. ⁵ | 識別記号 | 府内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
|--------------------------|------|---------|-----|--------|
| B 2 2 D 29/00 | G | 7011-4E | | |
| 21/06 | | 8926-4E | | |
| B 2 3 K 9/04 | V | 7920-4E | | |
| B 2 3 P 6/04 | | 7041-3C | | |
| B 3 0 B 5/02 | A | 7128-4E | | |

審査請求 有 請求項の数17(全 10 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平3-341703

(22)出願日 平成3年(1991)12月2日

(31)優先権主張番号 629, 856

(32)優先日 1990年12月18日

(33)優先権主張国 米国 (U.S.)

(71)出願人 390041542

ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
GENERAL ELECTRIC COMPANY

アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタディ、リバーロード、1番

(72)発明者 ロバート・ジュガン

アメリカ合衆国、オハイオ州、シンシナティ、ウインディー・ノウル・デイー・アール、7683番

(74)代理人 弁理士 生沼 徳一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 高融点超合金組成物から鋳造品を製造する方法

(57)【要約】 (修正有)

【目的】 鋳造が困難な高融点超合金組成物を用いジェットエンジン等の大型部品の鋳造製品を製造する方法に關し、特に鋳造欠陥を修正する方法の提供。

【構成】 高融点超合金から製品が鋳造され、表面に認められる一次欠陥の補修を行う。補修は一次欠陥およびその周囲の部分を研削切除し、製品と同じ組成を有する溶加材を溶接または類似の技術により切除空間に充填し、次いで充填溶加材の表面に二次欠陥が存在すれば、その欠陥部分を除去した後その部分に被覆材粉末を付加し、被覆材粉末を融解し、凝固させる。最後に製品に高温等圧圧縮を施し、表面欠陥の最終的な除去を行う。被覆粉末材は高融点超合金の粒子と低融点超合金との混合物である。

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 (a) 鋳造不可能な高融点超合金から製品を鋳造し、(b) 前記製品中に存在する一次欠陥を確認し、(c) 前記一次欠陥およびその周囲の金属部分を切除することによって前記製品の表面に切除空間を形成し、(d) 前記切除空間内に溶加材を充填し、(e) 前記溶加材中の欠陥を切除すると共に前記溶加材の表面の酸化物を除去し、(f) 前記溶加材の表面に結合剤と被覆材粉末との混合物を付加し、(g) 前記製品に熱処理を施すことにより、前記結合剤を除去すると共に前記被覆材粉末を融解して凝固させ、次いで(h) 前記製品に高温等圧圧縮を施す諸工程から成ることを特徴とする、鋳造不可能な高融点超合金から高融点超合金製品を製造するための方法。

【請求項 2】 前記鋳造不可能な高融点超合金がルネ 8 0、ルネ 7 7、M A R - M - 5 0 9、ルネ 1 0 8、ルネ 1 2 5、B - 1 9 0 0、B - 1 9 0 0 + H f、M A R - M - 2 4 6、I N - 1 0 0、G T D - 1 1 1、ワスパロイ、インコネル 7 1 3、インコネル 7 3 8、インコネル 7 9 2、インコネル 9 3 9 およびU - 5 0 0 から成る群より選ばれる請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】 前記工程(d) が溶接によって実施される請求項 1 記載の方法。

【請求項 4】 前記溶加材が前記鋳造不可能な高融点超合金から鋳造された前記製品と実質的に同じ組成を有する請求項 1 記載の方法。

【請求項 5】 前記工程(e) が研削によって実施される請求項 1 記載の方法。

【請求項 6】 前記工程(f) が、前記溶加材の表面を前記結合剤で被覆し、次いで前記結合剤が乾燥する前に前記結合剤上に前記被覆材粉末を散布することによって実施される請求項 1 記載の方法。

【請求項 7】 前記結合剤がアクリル樹脂を含有する請求項 1 記載の方法。

【請求項 8】 前記結合剤がアクリル樹脂と揮発性溶剤との混合物である請求項 1 記載の方法。

【請求項 9】 前記結合剤がアクリル樹脂とジエチレングリコールモノブチルエーテルとの混合物である請求項 1 記載の方法。

【請求項 10】 前記被覆材粉末が少なくとも 2 種の粒子組成物の混合物から成っていて、第 1 の粒子組成物は前記鋳造不可能な高融点超合金から鋳造された前記製品と実質的に同じ組成を有し、かつ第 2 の粒子組成物は前記第 1 の粒子組成物および前記製品よりも低い融点を有する請求項 1 記載の方法。

【請求項 11】 前記工程(f) を少なくとも 2 回実施することによって前記溶加材の表面上に前記被覆材粉末の層が形成される請求項 1 記載の方法。

【請求項 12】 前記工程(g) が前記被覆材粉末の少なくとも一部分を定温条件下で凝固させるのに十分なだけ

の高い温度下で実施される請求項 1 記載の方法。

【請求項 13】 前記製品が航空機用ガスタービンエンジンの部品である請求項 1 記載の方法。

【請求項 14】 請求項 1 記載の方法によって製造された製品。

【請求項 15】 請求項 13 記載の方法によって製造された製品。

【請求項 16】 (a) 鋳造不可能な高融点超合金から製品を鋳造し、(b) 前記製品中に存在する一次欠陥を確認し、(c) 前記一次欠陥およびその周囲の金属部分を切除することによって切除空間を形成し、(d) 前記鋳造不可能な高融点超合金から鋳造された前記製品と実質的に同じ組成を有する溶加材を前記切除空間内に充填し、(e) 前記溶加材中の欠陥を切除すると共に前記溶加材の表面の酸化物を除去し、(f) 前記製品と実質的に同じ組成および融点を有する第 1 の粉末粒子組成物と、前記第 1 の粉末粒子組成物および前記製品よりも低い融点を有しあつ融解時に前記第 1 の粉末粒子組成物および前記製品を濡らすことのできる第 2 の粉末粒子組成物とを含む少なくとも 2 種の相異なる粉末粒子組成物の混合物から成る被覆材粉末と結合剤との混合物を前記溶加材の表面に付加し、(g) 前記製品に熱処理を施すことにより、前記結合剤を除去すると共に前記被覆材粉末の少なくとも一部分を融解しあつ定温凝固によって凝固させ、次いで(h) 前記製品に高温等圧圧縮を施す諸工程から成ることを特徴とする、鋳造不可能な高融点超合金の凝固時に通常発生する許容し得ないほどに大きい鋳造欠陥を含まない高融点超合金製品を鋳造不可能な高融点超合金から製造するための方法。

【請求項 17】 (a) 表面上に一次欠陥を有する製品を鋳造不可能な高融点超合金から鋳造し、(b) 前記一次欠陥およびその周囲の区域を切除することによって切除空間を形成し、(c) 前記製品と実質的に同じ組成を有する鋳造不可能な高融点超合金から成る溶加材を前記切除空間内に充填し、(d) 前記溶加材の表面に欠陥が存在すればそれらの欠陥を切除し、(e) 前記溶加材よりも低い融点を有しあつ熱処理に際して前記溶加材の表面内に拡散し得る微粒子状の低融点金属成分を含有する被覆材粉末で前記溶加材の表面を被覆し、(f) 前記低融点金属成分を融解するのに十分な温度下で前記製品に熱処理を施すことにより、前記低融点金属成分を前記溶加材の表面内に拡散させると共に、表面に開いた欠陥内に前記低融点金属成分を毛管作用により少なくとも部分的に流入させて表面の欠陥を除去し、次いで(g) 前記製品に高温等圧圧縮を施すことによって表面以外の欠陥を実質的に除去する諸工程から成ることを特徴とする、鋳造不可能な高融点超合金から高融点超合金製品を製造するための方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の背景】本発明は超合金製品の製造方法に関するものであって、更に詳しく述べれば、高融点超合金組成物から超合金鋳造品を製造するための方法に関する。

【0002】航空機用ガスタービンエンジンにおける用途は、最も要求条件の厳しい材料用途の1つである。かかるエンジンにおいて使用される材料は、数多くの始動／停止サイクルに暴露されながら、長い期間にわたり過酷な環境中で高い温度および大きい応力に耐えなければならない。その上、構造部品の性能目標はできるだけ軽量の材料を用いて達成されなければならない。なぜなら、材料の重量が1ポンド増加する毎に航空機が輸送し得る有料荷重は減少するからである。最後に、エンジンの総原価を低く抑えるため、構造部品はできるだけ安価に製造しなければならない。

【0003】ガスタービンエンジンまたはジェットエンジンにおいては、エンジンの前部から空気が吸入され、そして一連の圧縮機羽根によって圧縮される。圧縮された空気は燃料と混合され、そしてかかる混合物が点火される。膨張する燃焼生成物は圧縮機駆動用のタービンを回転させ、次いでエンジンの後部から放出されてエンジンを前方に推進する。熱力学の原理に基づけば、できるだけ高い性能および効率を達成するためには、燃焼ガスの温度をできるだけ高くすることが必要である。しかしながら、エンジンの運転温度は利用可能な材料および製造技術によって制限される。それ故、効率の良い強力な航空機用エンジンを開発する努力の一環として、一層高い運転温度を可能にする改良された材料およびエンジンの製造方法が絶えず探求されているのである。

【0004】最新の軸流式ジェットエンジンは概して管状の形態を有するものであって、かかる管の前端から空気が吸入され、そしてその後端から燃焼ガスが放出される。エンジンの中心に沿って伸びる回転軸上に圧縮機およびタービンが取付けられていると共に、回転軸の回りに環状の燃焼室が配置されている。かかるエンジンは、動作中の部品を結合状態に保つと共に、圧縮機およびタービンが正しく機能し得るように回転軸を正確な心合せ状態に維持するのに十分なだけの構造強度および剛性を有していかなければならない。かかるエンジンはまた、エンジンの後部におけるガス流路内に見られる高温が及ぼす悪影響に耐えることも必要である。

【0005】エンジン構造のうちで高温に暴露される部分を製造するための通常の方法に従えば、先ず最初に、耐荷重用のフレーム構造を構成する個々の部品が鋳造可能なニッケル基またはコバルト基超合金が製造される。次いで、耐熱性を付与するため、一般に鍛錬超合金から作製されたライナが鋳造フレーム構造と高温の燃焼ガスとの間に配置される。かかるライナは構造荷重の実質的な部分を支持するものではなく、耐荷重用フレーム構造の急速な融解または劣化を引起すことのある高温からフレーム構造を保護するためのものである。

【0006】上記のごとき構成のフレーム構造が使用される理由は、鋳造の容易な超合金が燃焼ガスの高温に耐えられないことにある。ある種の超合金は融解および鋳造によって容易に加工し得るのに対し、別種の超合金はかかる方法によって加工することが（不可能ではないにせよ）非常に困難である。その理由は、かかる超合金から製造された部品中には欠陥が生じることにある。このように鋳造の困難な超合金（以後は「鋳造不可能な高融点超合金」または「鋳造不可能な超合金」と呼ぶ）は鋳造の容易な超合金よりも高い使用温度性能を有するのが普通であるから、かかる鋳造の困難な高融点超合金を用いてフレーム構造部品を製造することは望ましいわけである。かかる鋳造不可能な超合金は溶接も困難であることが多いから、それらの材料から作製された構造部品を溶接したものもこれまで実用化されていなかった。それ故、従来の技術によれば耐荷重機能と耐熱機能とを分離することが必要であり、従って各々の機能を達成するために独立の部品を用意することがであった。このような独立の部品は重量を増加させると共に、エンジンの複雑度を高めていたのである。

【0007】このように、高温性能を保持しながら重量を低減させるような改良された航空機用ジェットエンジンの製造方法が要望されているのである。本発明はかかる要望を満たすと共に、それに関連した利益をもたらすものである。

【0008】

【発明の概要】本発明は、耐荷重用構造部品が従来よりも高い温度に耐えるようにすることによってエンジンの重量を低減させるような航空機用ジェットエンジンの製造方法を提供するものである。すなわち、鋳造の困難な高融点超合金から鋳造によって構造部品が製造される結果、燃焼ガスの高温に対する保護用のライナまたはその他の部品の必要性が排除されることになる。

【0009】本発明に従えば、鋳造の困難な高融点超合金から超合金鋳造品を製造するための方法が提供される。かかる方法は、(a) 鋳造の困難な高融点超合金から製品を鋳造し、(b) 鋳造された製品中に存在する一次欠陥を確認し、(c) 一次欠陥およびその周囲の金属部分を切除することによって製品の表面に切除空間を形成し、(d) 切除空間内に溶加材を充填し、(e) 溶加材中の欠陥を切除してから溶加材の表面の酸化物を除去し、(f) 溶加材の表面に結合剤と被覆材粉末との混合物を付加し、(g) 製品に熱処理を施すことにより、結合剤を除去すると共に被覆材粉末を融解して凝固させ、次いで(h) 製品に高温等圧圧縮を施す諸工程から成っている。

【0010】当業界においては「鋳造可能な超合金」と「鋳造の困難な超合金」との間に区別を設けるのが通例であるが、本発明においてもその区別が採用されている。当業者にとっては自明のごとく、「鋳造可能な超合金」は熱間亀裂や収縮のごとき鋳造欠陥の発生率を許容

し得る程度に低く抑えながら大形の複雑な構造部品を鋳造するために使用することができる。「鋳造の困難な超合金」においては、そのような表面および内部の鋳造欠陥の発生率が非常に高くかつそれらの鋳造欠陥の程度も非常に顕著であるため、かかる超合金は大形の構造用鋳造品の製造目的からは除外されるのが普通である。とは言え、ガスタービンエンジン羽根のごとき小形の製品をかかる超合金から鋳造することは容易である。かかる鋳造の困難な超合金から鋳造された大形の複雑な構造部品においては非常に顕著な欠陥が認められるため、かかる超合金は（小形の製品を鋳造することは可能であるにもかかわらず）「鋳造不可能な超合金」と呼ばれることが多い。本明細書中で使用される「鋳造不可能な超合金」という用語は、上記のごとき鋳造の困難な超合金を意味している。

【0011】鋳造可能な超合金と鋳造不可能な超合金とを組成の面から定義することは、現在のところ不可能である。その代り、これら2種の超合金は上記のごとく機能に関する性能によって区別される。それらはまた、欠陥を有する鋳造品が溶接や高温等圧圧縮（H I P）などによって所望の用途に適合し得る状態に補修し得るかどうかによっても区別される。鋳造不可能な超合金は、一般に、通常の融接技術によって補修することが困難もしくは不可能である。

【0012】ニッケル基超合金が鋳造不可能なものであることを表わす場合が多いと考えられるその特性としては、合金元素の含量が高く、従って超合金が部分的に液体かつ部分的に固体として存在する温度範囲が広いこと、熱処理後に比較的高い体積分率の γ' 相が存在することによって γ' 相析出硬化が得られること、溶接性が悪いこと、並びに 1500°F よりも高い温度に対して強度の保留性が良いことが挙げられる。このような超合金は鋳造時の熱間亀裂および溶接補修時の割れを生じ易いのが通例であり、従って鋳造不可能なものとして分類される。すなわち、かかる超合金は通常の技術によって大形の構造部品を製造するためには使用することができないのである。鋳造不可能な超合金の実例としては、ルネ(RENÉ) 108、ルネ77、MAR-M-509、ルネ125、B-1900、B-1900+Hf、MAR-M-246、インコネル(Inconel) 100、GTD-111、ワスパロイ(Waspaloy)、インコネル713、インコネル738、インコネル792、インコネル939およびU-500が挙げられる。ルネ80やMAR-M-247のごときタービン羽根用超合金は、小形のタービン羽根を鋳造するため日常的に使用されているが、構造用途に関しては鋳造不可能なものとして分類される。なお、ガスタービンエンジン用の大形構造部品を鋳造するために広く使用されているインコネル718は、鋳造可能なものとして分類される超合金の一例である。

【0013】本発明の方法においては、航空機用ジェッ

トエンジンの耐荷重用構造部品のごとき製品が鋳造不可能な鋳造不可能な超合金から鋳造される。すなわち、かかる超合金が融解され、そして所望の形状を生み出す鋳型内において鋳造される。こうして得られた製品は、それ以上の処理を施さなければ、ジェットエンジンの構造部品として使用することができない。なぜなら、かかる製品の表面および内部には多数の欠陥（以後は「一次欠陥」と呼ぶ）が存在しているからである。

【0014】構造部品において特に有害な種類の一次欠陥は、熱間亀裂と呼ばれる亀裂状の開口である。熱間亀裂は、鋳型または製品自体の形状のために一様な収縮が実質的に制限されるような条件下において、粥状を成して凝固する合金を鋳造した場合に起こるのが通例である。凝固時における温度の低下が十分な熱収縮および熱応力を引起こす結果、部分的に液状を成す鋳造品が熱応力を支持することができず、そのため鋳造品中に亀裂が生じるのである。その場合、熱応力の発生する拘束距離が大きくなるほど熱間亀裂は起こり易くなる。

【0015】本発明の方法においては、かかる一次欠陥およびその周囲の金属部分を（たとえば研削により）切除することによって鋳造品の補修が行われる。次いで、溶接のごとき技術により、金属部分を切除した後の空間内に溶加材が充填される。なお、かかる溶加材は鋳造品の残部と実質的に同じ組成を有することが好ましい。溶加材が鋳造品の基材と実質的に同じ組成を有するから、それもまた欠陥（以後は「溶加材欠陥」と呼ぶ）を生じ易い。とは言え、かかる溶加材欠陥は鋳造品中に見られた一次欠陥よりも小さくかつ軽度のものであるから、一層容易に補修することができる。

【0016】かかる溶加材欠陥が（たとえば表面研削により）切除される。次いで、溶加材の表面上に被覆材被膜が設置されるが、かかる被覆材被膜は隣接する区域をも覆うのが通例である。詳しく述べれば、はけ塗り、吹付けまたは類似の方法により、流動性の有機組成物から成る結合剤が処理すべき区域に塗布される。かかる結合剤はアクリル樹脂および該樹脂用の揮発性溶剤（たとえば、ケトンまたはエーテル）から成ることが好ましい。かかる結合剤は後の熱処理に際して完全に除去し得るように選定される。塗布後に溶剤が蒸発する結果、完全に乾燥する前の一定時間にわたって結合剤は粘着性を示す。このような目的のためには、相溶性のある各種の樹脂結合剤および溶剤を使用することができる。

【0017】次に、粘着性を示す結合剤の表面上に被覆材粉末を散布すれば、それは付着して被覆材層を形成する。あるいはまた、その他の方法（たとえば流動床処理）を用いて結合剤の表面に被覆材粉末を付着させることもできる。結合剤を塗布してから被覆材粉末を散布する操作を数回繰返すことにより、所望の厚さを持った被覆材被膜を得ることができる。なお、被覆材被膜は0.004インチ程度の厚さを有するのが通例である。被覆

材粉末は、高融点超合金と低融点粒子との混合物から成るように選定されることが好ましい。その場合、高融点成分は製品と実質的に同じ組成を有する铸造不可能な超合金から成るのに対し、低融点成分は別種の超合金から成る。

【0018】製品の表面上に所望厚さの被覆材粉末を付着させた後、結合剤を揮発もしくは分解させると共に、被覆材粉末の低融点成分を融解するのに十分な温度を使用しながら、好ましくは真空中において製品に熱処理が施される。溶融した低融点成分は被覆材粉末の高融点成分および铸造不可能な超合金の製品中に拡散し、それによって両者に対する融点降下剤として作用する。このようにして相互拡散が起こり、また溶融した低融点成分が毛管作用によって製品の表面に残存する欠陥内に流入するのに伴い、溶融した低融点成分は高融点成分の粒子および製品の基材に由来する元素を溶解する。好ましくは、低融点成分が十分な量のかかる元素を溶解する結果、熱処理温度において定温凝固が起こることになる。あるいはまた、温度を僅かに低下させることにより、実質的に定温条件下で溶融金属を凝固させることもできる。

【0019】付加された材料は被覆材と呼ばれるが、最終製品においては、独立した材料が存在する形跡はほとんど認められない。超合金の間の相互拡散および残存欠陥内への低融点成分の流入が起こることにより、少量の低融点成分は製品および溶加材を構成する铸造不可能な超合金中に実質的に併合される。その結果、(少量の低融点成分を除外すれば)铸造不可能な超合金と実質的に同じ組成を有する補修部分を有すると共に、铸造直後の製品中に存在していた一次欠陥および補修操作時に発生しつつ切除された溶加材欠陥を含まないような最終製品が得られることになる。最終製品が铸造不可能な超合金と実質的に同じ組成を有することは重要である。なぜなら、本発明の主たる目的は铸造可能な超合金に比べて改善された性質を有する铸造不可能な超合金から製品を製造することにあるからである。

【0020】最後に、残存する内部の欠陥を除去しつつ補修後の表面を強化するため、製品に高温等圧圧縮を施すことが好ましい。高温等圧圧縮は当業界において最終の高密度化操作として知られるものであり、また製品の深部に存在する欠陥を除去するために役立つ。

【0021】更に一般的に述べれば、铸造不可能な高融点超合金から超合金製品を製造するための本発明方法は、(a) 表面に一次欠陥を有する製品を铸造不可能な高融点超合金から铸造し、(b) 一次欠陥およびその周囲の区域を切除することによって切除空間を形成し、(c) 製品と実質的に同じ組成を有する高融点超合金から成る溶加材を切除空間内に充填し、(d) 溶加材の表面に欠陥が存在すればそれらの欠陥を切除し、(e) 热処理に際して溶加材の表面内に拡散し得る低融点金属成分を含有す

る被覆材粉末で溶加材の表面を被覆し、次いで(f) 低融点金属成分を融解するのに十分な温度下で製品に熱処理を施すことにより、低融点金属成分を溶加材の表面内に拡散させると共に、毛管作用によって低融点金属成分を表面の欠陥内に流入させる諸工程から成っている。その後、製品全体に高温等圧圧縮を施すことが好ましい。

【0022】このように、本発明の方法は構造用超合金製品の分野に大きな進歩をもたらすものである。すなわち、高温下における使用に対して優れた性能を有する合金から耐荷重用部品が製造されることにより、場合によってはライナのごとき独立の保護部品の必要性が排除される。その結果、エンジンの重量が減少することになる。本発明のその他の特徴および利点は、好適な実施の態様に関する下記の詳細な説明を読むことによって自ら明らかとなろう。

【0023】以下、添付の図面に関連して本発明の原理を一層詳しく説明しよう。

【0024】

【実施例の記載】本発明に従えば、凝固に際して許容しえないほどに大きい铸造欠陥を生じる铸造不可能な超合金から超合金製品を製造するための方法が提供される。かかる方法は、(a) 铸造不可能な超合金から製品を铸造し、(b) 製品中に存在する一次欠陥を確認し、(c) 一次欠陥およびその周囲の金属部分を切除することによって製品の表面に切除空間を形成し、(d) 製品を構成する铸造不可能な超合金と実質的に同じ組成を有する溶加材を切除空間内に充填し、(e) 溶加材中の欠陥を切除すると共に溶加材の表面の酸化物を除去し、(f) 製品を構成する铸造不可能な超合金と実質的に同じ組成を有する第1の粉末粒子と、第1の粉末粒子よりも低い融点を有しつつ铸造不可能な超合金を漏らすことのできる第2の粉末粒子との混合物から通常成る被覆材粉末と結合剤との混合物を溶加材の表面に付加し、(g) 製品に熱処理を施すことにより、結合剤を除去すると共に、被覆材粉末を融解しつつ定温凝固によって凝固させ、次いで(h) 製品に高温等圧圧縮を施す諸工程から成っている。

【0025】铸造不可能な超合金は、全体的に見て、(若干の例外は存在するものの)铸造可能な超合金よりも高い温度下において強度およびその他の望ましい性質を保持することができる。しかしながら、铸造不可能な超合金から製造された铸造品には欠陥が存在するため、耐荷重性の構造部品において铸造不可能な超合金を使用することによって得られる利益はこれまで理解されていなかった。

【0026】図1には、本発明に従って製造し得る代表的な製品20が示されているが、これはエンジンフレームである。製品20の基礎構造物は、焼流し精密铸造法によって铸造不可能なニッケル基超合金から単体として製造される。

【0027】製品20を常法に従って铸造不可能な超合

金から鋳造した場合、それは図2に示されるような種類の欠陥を数多く含んでいる。なお、図2は表面30付近における製品20の拡大断面図である。内部欠陥32は製品20の本体の内部に位置していて、表面30には開いていない。この種の内部欠陥32はいわゆる高温等圧縮によって除去することができる。すなわち、製品20が高温に加熱されると共に、一軸圧力または好ましくはあらゆる方向からの均等な圧力によって製品20が圧縮される。かかる圧縮によって製品20の寸法が僅かに収縮する結果、内部欠陥32の側壁同士は互いに接近して癒着することになる。このようにして、内部欠陥32は極めて僅かな痕跡しか残さずに除去されるのである。高温等圧縮は本発明の方法における最後の工程であって、内部欠陥32はこの工程において閉鎖されかつ除去される。高温等圧縮がこの種の内部欠陥を除去するために役立つことは既に知られているのであって、この点に関してはたとえば米国特許第3758347号明細書を参照されたい。

【0028】製品20はまた、その表面に開いた欠陥をも含んでいるが、その一例として一次欠陥34が図示されている。一次欠陥34は酸化物層36によって示されるごとく酸化表面を有しており、また内部の空間に汚染物（たとえば異物）38を含むこともある。内部欠陥32を除去するため製品20に高温等圧縮を施した場合でも、（表面に開いた）一次欠陥34は除去されない。このような表面に開いた一次欠陥内には加圧ガスが容易に侵入して圧力を均等化するため、一次欠陥の閉鎖は妨げられるのである。その上、一次欠陥34内には酸化物層36および汚染物38が残存することになる。

【0029】しかるに、本発明の方法は表面に開いた欠陥（たとえば一次欠陥34）の除去を可能にする。すなわち、図3に示されるごとく、一次欠陥34がその周囲の（通例は酸化物層および汚染物を伴う）金属部分40と共に切除される。図中には、切除された金属部分40の寸法が一次欠陥34よりも大きいことを示すため、以前に存在していた一次欠陥34の輪郭が点線で描かれている。その結果、一次欠陥34に付随する酸化物層36および汚染物38も完全に除去されることになる。かかる切除は任意適宜の技術によって行うことができる。たとえば、大きい一次欠陥に対しては研削を使用すればよく、また小さい一次欠陥に対しては食刻を使用すればよい。

【0030】次に、図4に示されるごとく、切除された金属部分40によって以前に占められていた空間内に溶加材42が充填される。かかる溶加材は、製品20を鋳造するために使用されたものと実質的に同じ合金であること、すなわち鋳造不可能な超合金と実質的に同じ組成を有することが好ましい。製品20の残部と実質的に同じ組成を有する溶加材42が使用される結果、最終製品は全体にわたって実質的に同じ組成を有することにな

り、製品20との適合性が達成され、かつ使用中に組成の違いに応じて腐食セルやピットが誘起されることがあるという問題が回避されるのである。溶加材42を付加するための好適な方法は、真空または不活性雰囲気中における溶接である。ここで言う「溶接」とは、充填すべき空間の側壁を部分的に融解しながら溶融状態にある一定量の金属を供給することを意味する。すなわち、加熱により、溶加材42と製品20の残部44との間に界面において製品20が部分的に融解される。かかる融解により、溶加材42と製品20の残部44との間に良好な結合が達成されるのである。このような意味で、溶加材42は製品20の残部44に接合されている。図5中には、図解の目的で溶加材42が示されているが、実際には溶加材42と製品20の残部44との境界を識別することは困難である。

【0031】製品20の表面に存在する損傷や欠陥に対して目止めを行うため、次に被覆工程が実施される。かかる工程の開始に先立ち、溶加材42の表面を含めた処理すべき表面に入念な清浄処理が施される。すなわち、ふき取り、蒸気洗浄、蒸気脱脂またはその他の技術により、表面30から油脂、汚れまたはその他の汚染物が除去される。

【0032】図6に示されるごとく、はけ塗り、吹付けまたはその他の技術を用いて液状の結合剤を表面30に塗布することによって結合剤層48が形成される。かかる結合剤は、メタクリル酸メチル共重合体を基材としたアクリル樹脂をジエチレングルコールモノブチルエーテルのごとき揮発性溶剤中に溶解したものから成ることが好ましい。なお、1容量部の樹脂と3容量部の溶剤との混合物が有効であることが判明している。アクリル樹脂結合剤およびジエチレングルコールモノブチルエーテル溶剤が好適であるとは言え、それ以外にも相溶性のある様々な樹脂結合剤および溶剤が商業的に入手可能でありかつ使用可能である。なお、表面30に付着するものであれば任意の樹脂結合剤が使用可能であり、またそれに対する相溶性を有しつつ徐々に蒸発するものであれば任意の溶剤が使用可能である。数分の後、結合剤層48は粘着性を示すようになる。

【0033】結合剤層48が粘着性を有する間に、結合剤層48上に被覆材粉末が散布される。図6に示されるごとく、一部の被覆材粉末が結合剤層48に付着して被覆材粉末層50を形成する。その後、被覆材粉末層50上に結合剤層48を再び塗布することができる。このようにして、被覆材粉末の付加を数回にわたって繰返すことにより、所望の厚さを有する被覆材粉末および結合剤の多層構造物が形成される。通例、かかる多層構造物は約0.004インチの厚さを有する。

【0034】被覆材粉末は、少なくとも2種の成分、すなわち少なくとも2種の粒子を含有するように選定されることが好ましい。この場合、第1の粒子は製品20と

実質的に同じ組成を有することが好ましい。第2の粒子は、第1の粒子よりも低い温度で融解し、第1の粒子を濡らし、かつ製品20を構成する鋳造不可能な超合金を濡らすような超合金から成るものである。2種の粒子の融点に大きな差があることは、最終製品の結合性向上させるので好ましい。また、各々の粒子の粒度は-120/+325の範囲内にあることが好ましい。なお、被覆材粉末が第1の粒子を約40～約70重量%（好ましくは50重量%）の割合で含有する場合に満足すべき組合せ

| 製品を構成する鋳造不可能な超合金 | 高融点成分A | 低融点成分B | A/B比 |
|------------------|--------|----------|-------|
| | | | (重量%) |
| ルネ80 | ルネ80 | D-15 | 50:50 |
| ルネ77 | IN-718 | IN-718B | 50:50 |
| ルネ108 | ルネ108 | D-15 | 50:50 |
| ルネ220C | ルネ220C | AMS-4777 | 50:50 |
| MAR-M-509 | IN-718 | IN-718B | 50:50 |

参考用として、表1中に記載された超合金の組成を概略重量百分率で表わしたデータを表2に示す。

*果が得られることが判明している。

【0035】被覆材粉末中における2種の粒子の組合せの実例が、製品を構成する鋳造不可能な超合金と共に、下記表1中に示されている。いずれの場合においても、高融点成分と低融点成分の比は重量百分率で表わして50:50であることが好ましい。

【0036】

【表1】

| 高融点成分A | 低融点成分B | A/B比 |
|--------|----------|-------|
| ルネ80 | D-15 | 50:50 |
| IN-718 | IN-718B | 50:50 |
| ルネ108 | D-15 | 50:50 |
| ルネ220C | AMS-4777 | 50:50 |
| IN-718 | IN-718B | 50:50 |

【0037】

【表2】

| | 表 2 | | 13 | | 14 | |
|---------|--------|---------|-------|-------|-------|-------|
| | IN-718 | IN-718B | 4380 | 4477 | 44108 | 44200 |
| Cr | 13 | 18.5 | 14 | 14.6 | 8.35 | 19 |
| Mo | 3 | 3 | 4 | 4.2 | 0.5 | 3.2 |
| Ti | 1 | 6.9 | 5 | 3.45 | 0.75 | 1 |
| Al | 0.5 | 0.5 | 3 | 4.2 | 5.5 | 0.5 |
| B | 0.006 | 2.3 | 0.015 | 0.016 | 0.015 | |
| Nb | | | | | 5.25 | |
| Ta | | | | 2 | 3.25 | 3.5 |
| Nb + Ta | | | 5.1 | 5.0 | | |
| Si | | | | | 4.5 | |
| C | | | | | 0.6 | |
| W | | | | 4 | 7 | |
| Hf | | | | | 9.5 | |
| Zr | | | | | 1.5 | |
| Fe | | | | | 0.01 | |
| Co | | | | | 0.5 | |
| Ni | | | | | | |
| 40 | 残部 | 残部 | 残部 | 残部 | 残部 | 残部 |
| 50 | 52.5 | 52.5 | 52.5 | 52.5 | 52.5 | 52.5 |

層48および50が設置された後、第2の（低融点）粒子を融解するが第1の（高融点）粒子は必ずしも融解しないような温度を使用しながら、好ましくは真空中において製品30に熱処理が施される。最初、液相は第2の粒子と実質的に同じ組成を有するが、第1の粒子および製品の基材の一部が液相中に溶解するのに伴って急速に変化する。液相が表面30内に拡散すると共に、毛管作用によって製品20の表面欠陥内に流入する結果、図7に示されるごとくに相互拡散層52が形成される。ほとんどの場合、液相中に溶解する溶質の量が増加してそれの固相線／液相線温度を上昇させるのに伴い、相互拡散層52は定温条件下で凝固する。あるいはまた、かかる操作中に熱処理温度を僅かに低下させることによって凝固を生起させることもできる。

【0038】かかる相互拡散層52は、溶加材欠陥46の切除後にも残存することのある非常に小さい欠陥に対して表面30を止めるために役立つ。実際には、相互拡散層52は0.004インチ程度という非常に薄いものであり、また相互拡散処理の結果として製品20の本体を構成する基材（すなわち、鑄造不可能な超合金）に極めて近似した組成を有している。更にまた、融解した被覆材の一部は毛管作用によって溶加材欠陥の少なくとも一部分に流入することもある。要するに、第一近似によれば、製品20の組成は全体にわたって鑄造不可能な超合金と同じなのである。

【0039】相互拡散層52は、大きい一次欠陥34の範囲を越えて隣接する小さい一次欠陥34'上にまで達するものが通例である。かかる小さい一次欠陥34'は表

面に存在することがあるが、独立の補修操作を施すほどに大きいものではない。相互拡散層52は、米国特許第3758347号明細書中に記載されたごとくにしてかかる一次欠陥34'を覆うことになる。とは言え、相互拡散層52のこのような付随的効果は上記に記載されたような大きい一次欠陥34に対する補修操作とは区別すべきである。すなわち、このような小さい一次欠陥は高温等圧圧縮操作によって閉鎖されるのである。相互拡散層52が製品20を包囲するという重要な機能を果たす結果、表面に開いた一次欠陥を高温等圧圧縮操作によって閉鎖することが可能になるのである。相互拡散層52が存在しなければ、表面に開いた一次欠陥内に加圧ガスが侵入するために一次欠陥の閉鎖は妨げられるわけである。

【0040】最後に、内部欠陥32を除去するのに十分な温度下で製品20に高温等圧圧縮が施される。高温等圧圧縮を行う際の温度は、上記のごとき被覆工程の温度より少なくとも約25°Fだけ低い。たとえば、铸造不可能な超合金の典型例について述べれば、高温等圧圧縮は約2200°Fの温度および約15000psiの圧力の下で行われる。

【0041】本発明の方法は、高温下で使用するための製品の製造分野に大きな進歩をもたらすものである。上記には特定の実施の態様に関連して本発明が詳しく説明されているが、前記特許請求の範囲によって規定される本発明の範囲から逸脱することなしに様々な変更態様が可能であることは当業者にとって自明であろう。

【図面の簡単な説明】

10

20

【図1】本発明の方法によって製造し得るような種類の製品の斜視図である。

【図2】図1に示されたものごとき製品の鋳造直後ににおける一表面区域の拡大断面図である。

【図3】点線で示された一次欠陥を切除した後における図2の表面区域の拡大断面図である。

【図4】溶加材を付加した後における図3の表面区域の拡大断面図である。

【図5】溶加材欠陥を切除した後における図4の表面区域の拡大断面図である。

【図6】結合剤および被覆材粉末の層を設置した後における図5の表面区域の拡大断面図である。

【図7】製品に熱処理を施した後における図6の表面区域の拡大断面図である。

【符号の説明】

- 20 製品
- 30 表面
- 32 内部欠陥
- 34 一次欠陥
- 36 酸化物層
- 38 汚染物
- 40 周囲の金属部分
- 42 溶加材
- 44 製品の残部
- 46 溶加材欠陥
- 48 結合剤層
- 50 被覆材粉末層
- 52 相互拡散層

【図1】

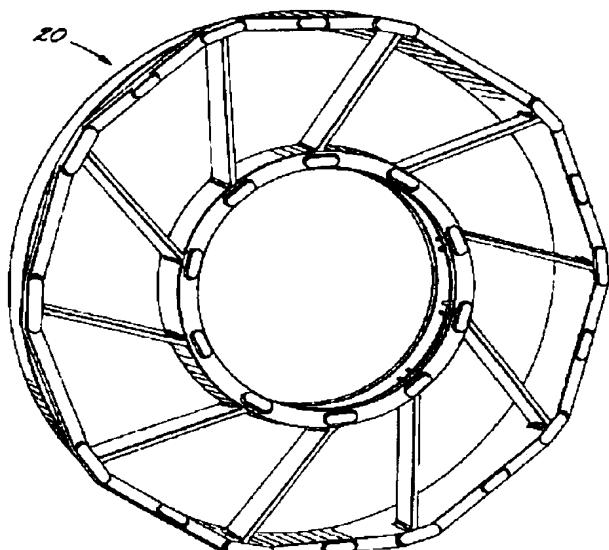


FIG.1

【図2】

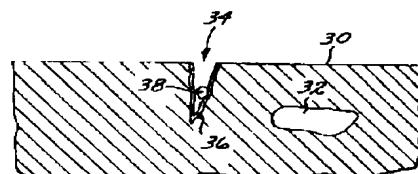


FIG.2

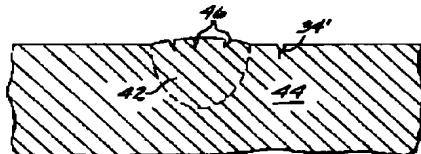
【図3】



FIG.3

【図4】

FIG.4



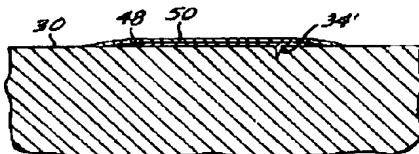
【図5】

FIG.5



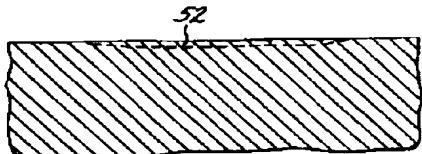
【図6】

FIG.6



【図7】

FIG.7



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁵

C 23 C 24/08

識別記号

府内整理番号

A 7217-4K

F I

技術表示箇所

(72) 発明者 ステファン・ジエイ・フエリグノ
 アメリカ合衆国、オハイオ州、シンシナティ、
 フォーリスター・デイー・アール、
 1504番

(72) 発明者 ウィリアム・アール・ヤング
 アメリカ合衆国、オハイオ州、シンシナティ、
 フィールズ-イーテル・アール・デイー、
 4628番

(72) 発明者 マーク・ジエイ・フローニング
 アメリカ合衆国、コネチカット州、トーランド、
 マウンテン・スプリング・アール・デイー、119番